

Interdisziplinäre Entwicklung von neuartigen Fahrzeugkonzepten für Straße und Schiene

Michael Schier, Gundolf Kopp, Frank Köster

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Stuttgart, Deutschland

1 Keywords

Fahrzeugkonzepte, Alternative Antriebe, Next Generation Train, Next Generation Car, Fahrzeugintelligenz, Fahrerassistenz, Human Factors, Fahrzeugleichtbau, Modellbildung, Simulation

2 Motivation und Zielsetzung

Die Verkehrs- und Umweltpolitik verlangt langfristig nach neuartigen Konzepten zu Bewältigung der steigenden Mobilitätsansprüche hinsichtlich Verkehrsaufkommen, Finanzierbarkeit, Sicherheit und Ressourcenschonung. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) hat sich zum Ziel gesetzt, die Kompetenzen einer Vielzahl seiner Institute sowie seiner vernetzten Partner in enger Abstimmung auszurichten und nachhaltig zu etablieren. Die Ziele der Arbeit sind, Fahrzeugkonzepte in ihrer gesamten Breite von der Nutzervariabilität über die Integration in Informations- und Energieinfrastrukturen bis hin zu ausgewählten Technologien zu erforschen und die einzelnen Systemelemente und ihre Wechselwirkungen zu analysieren, um sie auf künftige Bedarfe und Anforderungen für neue Entwicklungen und Technologien anwenden zu können. Abb. 1 zeigt die Wirkungskette vom Mobilitätsbedarf zur Technologie, der über die Analyse des gesellschaftlichen Bedarfs zu Konzeptaufgaben führt, ebenso in umgekehrter Richtung individuelle technische Lösungen für den Mobilitätsbedarfs liefert. Innerhalb dieser Wirkungskette belaufen sich die interdisziplinären Entwicklungsarbeiten des DLR.

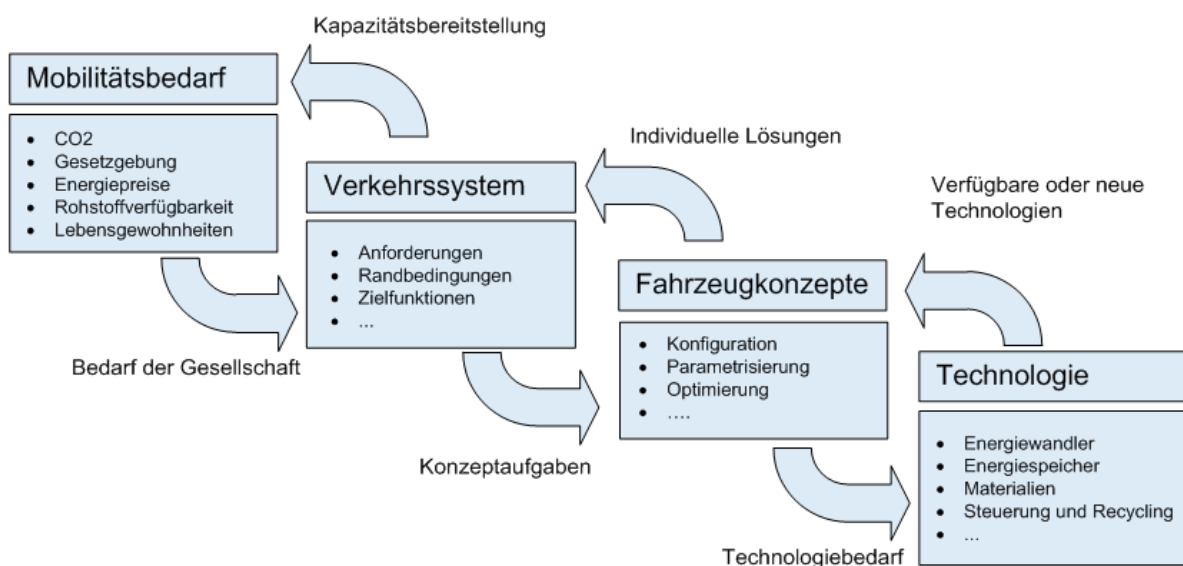


Abb. 1: Wirkungskette vom Mobilitätsbedarf über das Verkehrssystem zu Fahrzeugkonzepten und ausgewählten Technologien

Der Neuigkeitswert liegt in der systemübergreifenden Nutzung von teilweise sehr unterschiedlichen Modellierungs- und Simulationswerkzeugen mit häufig hoher fachlicher Spezialisierung. Die Verifikation der Berechnungen erfolgt durch den Aufbau von Demonstratoren ausgewählter Technologien und deren meßtechnischer Untersuchung. Die Forschungsergebnisse dienen der Verbesserung der Datenbasis und der Erarbeitung neuer, weiterführender Lösungskonzepte und Entwicklungsmethoden für die Fahrzeugindustrie.

Ein wesentlicher Grundbaustein ist die Strukturierung der Arbeiten in die Themenbereiche Fahrzeugkonzept, Fahrwerk, Struktur, Thermomanagement, Antriebstrang und Energiemanagement sowie Fahrzeugintelligenz. Diese Organisationsform für die gemeinsame Zusammenarbeit spiegelt eine zielgerichtete Integration und Konsolidierung von Forschungsergebnissen und Erkenntnissen wider, wodurch ein effektiver Beitrag zur Erhöhung der Effizienz in der Forschung geleistet wird.

Der folgende Beitrag beschreibt einen Teil der interdisziplinären Entwicklung im Bereich des bodengebundenen Verkehrs, d.h. zuerst für Straßenfahrzeuge (Next Generation Car – NGC); analoge Aktivitäten finden sich im DLR innerhalb des Bereichs der Schienenfahrzeuge (Next Generation Train – NGT). In beiden Bereichen strecken sich die Aktivitäten von der virtuellen Entwicklung bis zur Validierung an ausgewählten Demonstrationsbeispielen.

3 Interdisziplinäre Entwicklung innerhalb des DLR

Die gegenseitige Bereicherung der Forschung aus den programmatischen Schwerpunkten Raumfahrt, Luftfahrt, Energie und Verkehr ist ein Alleinstellungsmerkmal der Arbeiten innerhalb des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Dabei werden Synergien zwischen den programmatischen Arbeiten gestärkt, z.B. bzgl. der entwickelten Methoden und in der Anwendung befindlichen (Software-)Tools. Ebenso werden bestehende Labore und Forschungsplattformen projektübergreifend genutzt – beispielsweise Prüfstände (z.B. ein klimatisierbarer Allrad-Rollenprüfstand, ein statisches Spannungsfeld, dynamische Komponentenprüfanlagen, Windkanäle und verschiedene Fahrsimulatoren) und Testfeldeinrichtungen wie insbesondere die Anwendungsplattform für intelligente Mobilität (AIM) innerhalb des Stadtgebietes von Braunschweig sowie diverse Forschungsfahrzeuge (Abb. 2). Das Ziel ist, die Kompetenzen optimal für die Erforschung zukünftiger Straßen- und Schienenfahrzeuge zu bündeln.

- aus den Programmen:

Raumfahrt,



Luftfahrt,



Energie,



Verkehr



- aus der Test-Infrastruktur:



- aus programmatischen Verkehrsprojekten (effizient, finanzierbar, sicher):

Fahrzeugenergiesysteme,

Neuartige Fahrzeugstrukturen,

Fahrerassistenzsysteme



Abb. 2: Nutzung DLR-interner Synergien aus den Programmen, aus der Test-Infrastruktur sowie aus programmatischen Verkehrsprojekten

Eine weitere Grundlage für die interdisziplinäre Entwicklung sind die vorhandenen umfangreichen Arbeiten aus der Verkehrsforschung, der Verkehrssystemtechnik und der Fahrzeugkonzeptforschung.

Verkehrsforschung

Ein leistungsfähiges Verkehrssystem ist zum einen die wesentliche Voraussetzung für prosperierende Volkswirtschaften. Zum anderen ermöglicht Mobilität auch dem einzelnen Menschen die aktive Teilhabe am gesellschaftlichen Leben sowie ein hohes Maß an individuellen Freiheiten. Umso problematischer empfinden die Verkehrsteilnehmer etwa Kapazitätsengpässe, Verspätungen, mangelnde Information oder ungenügende Sicherheitsstandards.

Basis der Arbeiten sind verkehrsträgerübergreifende Befragungen sowie die Analyse von Daten und Zählungen des Mobilitäts- und Verkehrsverhaltens von privaten Haushalten und Unternehmen. Darauf aufbauend bilden sie mittels Modellen die Verkehrsnachfrage sowohl des Personen- als auch des Wirtschaftsverkehrs ab. Die Modelle erlauben detaillierte Aussagen zu Veränderungen der Verkehrsnachfrage und den Gründen dafür. Im Kontext der aktuellen und zukünftigen Verkehrsnachfrage evaluieren sie ordnungspolitische, fiskalische oder verkehrstechnische Maßnahmen und bewerten diese hinsichtlich ihres Wirkungspotenzials. Zwei weitere Forschungsfelder stellen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) wie Verkehrsinformationsdienste dar sowie die internationale Verkehrsforschung.

Verkehrssystemtechnik

Die meisten Unfälle entstehen durch das Fehlverhalten des Fahrers. Assistenzsysteme können Sicherheit und Effizienz im Straßenverkehr deshalb nachhaltig steigern. Das Institut für Verkehrssystemtechnik untersucht im Bereich Automotive Fahrerverhalten, Beanspruchung und Unfälle, um daraus Anforderungen für Fahrerassistenzsysteme abzuleiten. Psychologische und ergonomische Erkenntnisse fließen vor dem gesamten technologischen Hintergrund des DLR in die Entwicklung von Assistenzfunktionen ein. Sie werden so umgesetzt, dass sie den Fähigkeiten und Erwartungen des Fahrers entsprechen. Die Umsetzung wird in Fahrversuchen überprüft – in der Simulation und im Realverkehr.

Die Globalisierung der Wirtschaft und der steigende Mobilitätsbedarf führen zu einem enormen Wachstum des Verkehrsaufkommens, das hauptsächlich von der Straße aufgenommen wird. Um diesem Trend entgegenzuwirken, muss die Wettbewerbsfähigkeit des Verkehrsträgers Schiene erhöht werden. Der Schlüssel hierfür ist die wirtschaftliche und effiziente Nutzung der Schienennetze sowie die technische und betriebliche Interoperabilität. Das DLR forscht im Kontext der Bahnautomatisierung für die Entwicklung und Anwendung innovativer Technologien, Methoden und Konzepte für das System Bahn. Damit trägt es zur betrieblichen, technischen und wirtschaftlichen Optimierung bei. Das Ziel ist, Schienenverkehr sicher, effizient und wettbewerbsfähig zu gestalten und die europäische Harmonisierung voranzutreiben.

Das Verkehrsmanagement dient der Erhöhung der Effizienz im Straßenverkehr. Hier sind neue Konzepte zu Organisation und Betrieb von Verkehr gefragt. Als Grundlage für alle Verfahren zur Verkehrsbeeinflussung werden die entsprechenden Informationen über den aktuellen Verkehrszustand erfasst. Die Aufgaben lassen sich so in zwei Bereiche gliedern: die Entwicklung innovativer Methoden zum Monitoring von Verkehr (Verkehrserfassung) und die Entwicklung von Methoden zur Einflussnahme auf Verkehrsabläufe (Verkehrsbeeinflussung). Die Arbeiten im Institut für Verkehrssystemtechnik konzentrieren sich dabei vor allem auf das Management großer Verkehrssysteme wie zum Beispiel in Ballungsräumen und bei Katastrophen und Großveranstaltungen.

Fahrzeugkonzepte

Die Herausforderungen einer emissionsarmen, effizienten, ressourcen- und klimaschonenden Mobilität von übermorgen zu meistern und dafür innovative Energiewandler zu entwickeln, ist die Aufgabe des Forschungsfeldes Alternative Energiewandler. Aktuell wird dazu an der Effizienzsteigerung der Wandlung von chemischer in elektrische Energie (Range-Extender), der

Restenergienutzung und der Effizienzsteigerung der Wandlung von elektrischer in mechanische Energie (Elektroantriebe) geforscht.

Im Forschungsfeld Fahrzeug-Energiekonzepte werden sowohl Komponenten für energieeffiziente Fahrzeuge entwickelt und getestet als auch Fahrzeugarchitekturen und Betriebsstrategien untersucht. Als Energiewandler werden beispielsweise Komponenten für Elektroantriebe, Hybridantriebe sowie Brennstoffzellensysteme betrachtet. Für diese Themen stehen eine umfangreiche Systemsimulationsumgebung und eine entsprechende Prüfstandinfrastruktur zur Verfügung.

Die Fahrzeugmasse ist eine der wichtigsten Größen für die Reduzierung des Energiebedarfs. Die Leichtbau-Konzepte des Instituts für Fahrzeugkonzepte erschließen sich auch aus Fähigkeiten des DLR bei Luft- und Raumfahrt-Bauweisen, die allerdings automobil- und produktionsgerecht übersetzt werden müssen.

Zukünftige Fahrzeugtechnologien müssen in das Gesamtsystem sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Entwicklungen passen. Das Forschungsfeld Fahrzeugsysteme und Technologiebewertung arbeitet an der Identifikation und der prospektiven Bewertung technischer Lösungen für Fahrzeugkonzepte und Fahrzeugkomponenten in Bezug auf Antriebe, Bauweisen und Kraftstoffe für Straßen- und Schienenfahrzeuge.

4 Neuartige Fahrzeugkonzepte für Straße und Schiene

Next Generation Car

Das NGC ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt innerhalb des DLR, in dem Fahrzeug- und Technologieprojekte mit jeweils hoher Funktionsintegration und unter Berücksichtigung der Balance zwischen Mensch und Technologie entwickelt und in das Verkehrssystem integriert werden. Dazu greift es auch Methoden und Technologien aus der Luft- und Raumfahrt auf und wendet sie für die Anforderungen der Mobilität von Morgen wie Nachhaltigkeit in der Ressourcenschonung, Sicherheit und Finanzierbarkeit an. Eines der wichtigsten strukturellen Elemente ist dabei die Umsetzung von vorhandenen Forschungsergebnissen aus den Bereichen neuartiger Fahrzeugkonzepte und Strukturen, Fahrzeug-Energiesysteme sowie der Fahrerassistenz in eine Arbeitsstruktur, die es ermöglicht, die Institute und deren Arbeitsschwerpunkte vorteilhaft zu vernetzen, s. dazu Abb. 3:



Abb. 3: Themenschwerpunkte für das Next Generation Car

Mit diesen Arbeitsschwerpunkten werden fahrzeugübergreifende Themen bearbeitet. Im einzelnen sind die Arbeitsschwerpunkte: Neuartige Fahrzeugkonzepte, Fahrzeugstruktur, Antriebstrang, Thermomanagement, Fahrzeugintelligenz und Fahrwerk. Querschnittsthemen wie die Elektromobilität werden damit strukturiert bearbeitbar. Die Struktur lässt sich ebenso auf Fragestellungen für Schienenfahrzeuge übertragen.

Next Generation Train

Im Rahmen des Projekts NGT werden als Hauptarbeitsschwerpunkte Werkstoffe, Fertigungsverfahren und Strukturen, Energiemanagement, Lärm und Komfort, Fahrsicherheit und Verschleiß bearbeitet:

- Identifizierung und Quantifizierung wirtschaftlicher, verkehrs- und umweltpolitischer Einflussfaktoren auf den Einsatz innovativer Schienenfahrzeuge
- Bewertung konkreter, im Projekt entwickelter Fahrzeugkomponenten
- Entwicklung eines Simulationsmodells für die Bewertung technischer Optionen im Schienenfahrzeug mittels technischer, ökonomischer und ökologischer Indikatoren

Ebenso werden Gesamtzugkonzepte und neuartige Bauweisen des Wagenkastens untersucht:

- Gesamtzugkonzepte in Bezug auf Bauweisen des Wagenkastens, Produktstrukturen und Modulbildungen, insbesondere des Multi-Material-Design Ansatzes
- Analyse von geeigneten Werkstoffen und Fertigungsverfahren
- Untersuchung von Verbindungs- und Fügetechnologien im Hinblick auf schienenfahrzeugspezifischen Anforderungen

Weitere Untersuchungen im Bereich des Energiemanagements sind Modellierungsmethoden und Betriebsstrategien, Nutzungs- und Einsatzmöglichkeiten neuartiger Energiespeicher:

- Anpassung vorhandener Komponentenmodelle und Erstellung schienenfahrzeugspezifischer Komponenten
- Zusammenschalten der Komponenten zum Gesamtmodell
- Formulierung und Optimierung der Betriebsstrategien auf Komponenten- und Systemebene
- Adaption der Modelle für Echtzeit-Simulationen und HiL-Prüfstand

Aufbauend auf diesen grundlegenden Forschungsarbeiten entwickelt sich eine Struktur für zukünftige Schienenfahrzeuge im Hochgeschwindigkeitsverkehr (Next Generation Train NGT), diese sind ein Hochgeschwindigkeitszug (NGT-HGV), ein Zubringerzug für den schnellen Intercity-Verkehr mit 230 km/h (NGT-LINK) und ein Güterzug (NGT-CARGO), s. Abb. 4, [1, 2, 3]. Dabei sollen signifikante Verbesserungen im Bereich des Energieverbrauchs, beispielsweise durch Technologiesprünge in den Leichtbaustrategien, der Antriebs- und Bremstechnik sowie der aerodynamischen Formgebung erreicht werden.



Abb. 4: Fahrzeugkonzepte des Next Generation Train

Das Beispiel des NGT Hochgeschwindigkeitszuges zeigt, wie die Transportleistung auf der Schiene zukünftig gesteigert werden kann. Ziel ist dabei auch eine teilweise Verlagerung des Flugverkehrsaufkommens auf die Schiene. Der Hochgeschwindigkeitszug fährt mit einer Geschwindigkeit von 400 km/h, ist zweistöckig begehbar und mit Einzelradantrieben konzeptioniert. Durch die DLR-übergreifenden Forschungstätigkeiten lassen sich solche Fahrzeugkonzepte geschlossen darstellen.

5 Ausgewählte Beispiele

Modelica-Bibliothek

Mit zunehmender Komplexität moderner Antriebssysteme wird die Rolle der Simulation bei der Konzeption neuer Technologien und Komponenten für Fahrzeugantriebe immer bedeutender. In Fahrzeugen mit elektrifizierten Antrieben (Hybrid-, Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge) kommt der Betriebsstrategie der Antriebs- und Speicherkomponenten eine bedeutende Rolle zu. Sie beeinflusst nicht nur den resultierenden Energiebedarf und Emissionsausstoß, sondern bestimmt auch, wie stark bzw. wie oft die Energiespeicher im Fahrzeug zyklisiert werden und ist mithin entscheidend für deren Lebensdauer.

Die AlternativeVehicles-Bibliothek [4] ist ein leistungsfähiges Werkzeug, um die Längsdynamik und insbesondere den Kraftstoffverbrauch alternativer Antriebs- und Fahrzeugkonzepte berechnen zu können. Sie wurde vom Institut für Fahrzeugkonzepte mit Beiträgen des Instituts für Robotik und Mechatronik im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts EUROSYSLIB entwickelt. Die in ihr enthaltenen Komponentenmodelle orientieren sich an den aktuell relevanten alternativen Fahrzeugkonzepten Batterie-, Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeug. In diesen Konzepten spielen elektrische Antriebe und die Speicherung elektrischer Energie eine wichtige Rolle. Daneben kommt dem Thermomanagement eine wichtige Rolle zu, insbesondere bei den Brennstoffzellenfahrzeugen oder bei der Sekundärenergienutzung. Entsprechende Modelle sind in der Bibliothek vorhanden.

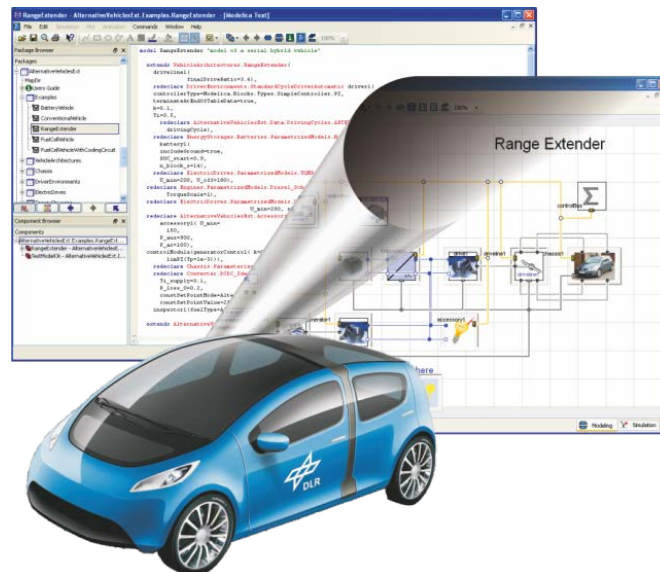


Abb. 5: Beispiel Modelica-Bibliothek AlternativeVehicles

Entwicklung von passiven Sicherheitsmaßnahmen bei Straßen- und Schienenfahrzeugen

Zur Verbesserung der Sicherheit bei Straßen- und Schienenfahrzeugen können passive Systeme signifikante Beiträge leisten. Dabei werden insbesondere Maßnahmen getroffen, die direkt nach einem Unfall beitragen, die Unfallbeteiligten besser zu schützen [5]. Abb. 6, linkes Bild, zeigt den Versuchsaufbau für den Seitenaufprall an einer B-Säule, die in Spantbauweise einen Übergang zum Dachquerträger bildet und aus Faserverbundmaterial hergestellt ist. Die Herausforderung dabei ist, die Faserstruktur lastpfadgerecht zu betrachten. Die Komponente wurde zuvor in umfangreichen Simulationsrechnungen auf ihre Festigkeit hin optimiert. Die gleichen Methoden werden bei der Entwicklung von Schienenfahrzeugen, rechtes Bild, genutzt.



Abb. 6: Beispiel Karosserie PKW (Seitencrashversuch mit B-Säule) [Kopp2012] und Beispiel Crashszenario für Schienenfahrzeug (LKW-Barriere); Quelle: DLR FK-LHB

Leichtbaupotentiale erschließen durch methodische Vorgehensweise unter Verwendung von Strukturoptimierungstools

Die Gewichtsreduktion von Straßen- und Schienenfahrzeugen spielt aufgrund der damit verbundenen vielseitigen Vorteile wie z.B. der Energieverbrauchsreduktion eine bedeutende Rolle. Aus diesem Grund werden unterschiedliche Methoden am Institut für Fahrzeugkonzepte entwickelt, die es erlauben, gewichtsoptimierte Karosserien und Wagenkästen zu entwickeln. Auf Basis vorgegebener Bauräume und Lastfälle wird dabei z.B. eine Topologieoptimierung durchgeführt, wodurch sich eine nahezu ideale lasttragende Struktur ausbildet [6, 7]. Die Beispiele in den Abbildungen 7 und 8 zeigen die gleiche Vorgehensweise und Nutzung der Simulationswerkzeuge für Straßen- wie auch für Schienenfahrzeuge.

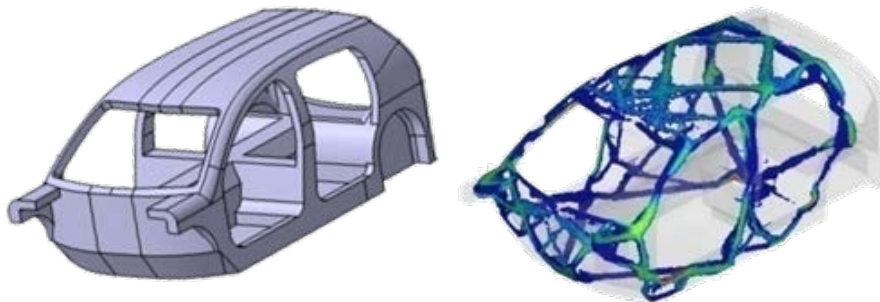


Abb. 7: Topologieoptimierung am Beispiel Straßenfahrzeug

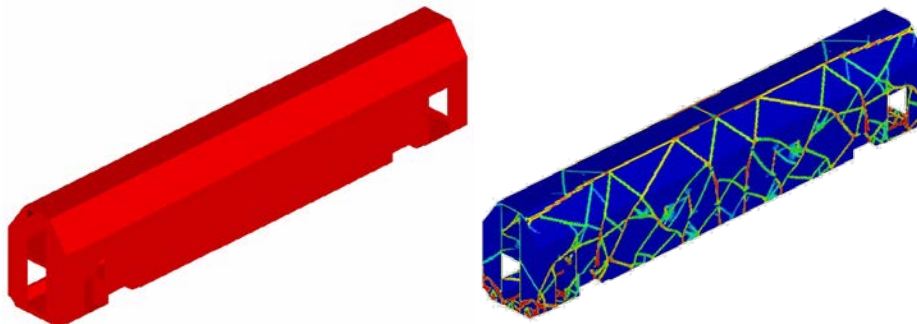


Abb. 8: Topologieoptimierung am Beispiel Schienenfahrzeug

Range-Extender mit Freikolbenlineargenerator

Parallel zur Gesamtfahrzeug-Simulation und der Strukturoptimierung werden alternative Antriebe und neuartige Energiewandler auf ihre Eigenschaften hin untersucht. Dazu gehören Range-Extender-Aggregate wie der Freikolben-Lineargenerator als Energiequelle oder Radnabenmotoren als Verbraucher, welche wiederum Freiheitsgrade bei der Strukturauslegung bieten.

Zukünftig werden neben der Nutzung konventioneller Kraftstoffe (Benzin und Diesel) auch Syn.- und Sun-Fuel oder gasförmige Kraftstoffe (CNG oder Wasserstoff) erwartet. Der Freikolbenlineargenerator ist eine Stromerzeugungseinheit, die für verschiedene Kraftstoffe geeignet ist. Im Gegensatz zu herkömmlichen Hubkolben- oder Drehkolben-Brennkraftmaschinen arbeitet der Kolben der Freikolbenmaschine nicht auf eine rotierende Welle, sondern führt lediglich eine lineare Hin- und Herbewegung aus, s. Abb. 9. Er trifft in der einen Totlage auf eine Gasfeder, in der anderen auf einen Brennraum, indem der Treibstoff gezündet wird. Der Motor arbeitet nach dem Zweitaktverfahren, um bei jeder Bewegung Energie auskoppeln zu können. Diese Energie wird elektrisch ausgekoppelt, indem in einer Spule einer elektrischen Linearmaschine durch mit dem Kolben verbundene Permanentmagnete eine elektrische Spannung induziert wird. Das Gesamtsystem zeichnet sich durch einen höheren Gesamtwirkungsgrad besonders im Teillastbereich aus, u.a. da Hub und Verdichtung durch die Steifigkeit der Gasfeder einstellbar sind und dadurch die Reibung vermindert wird.

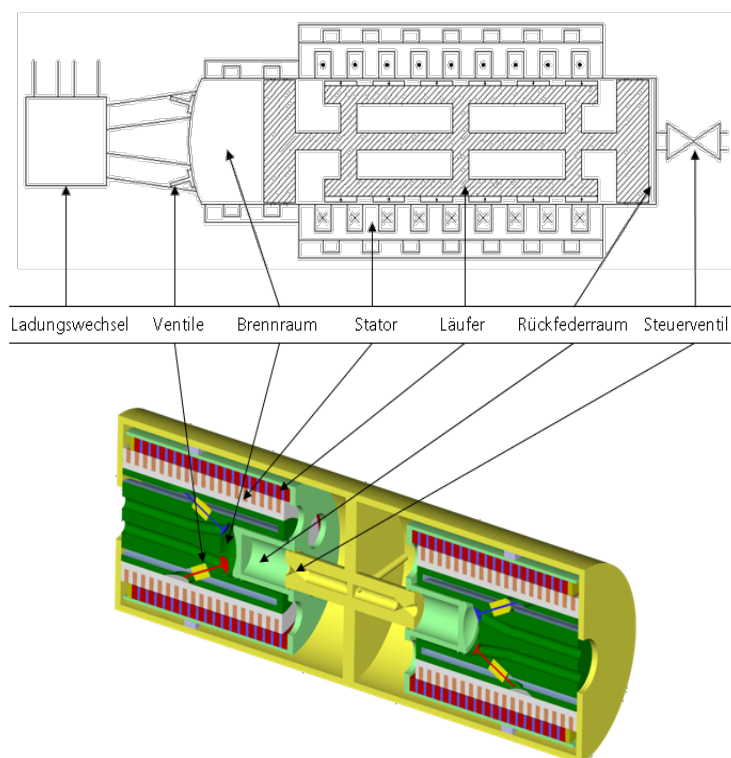


Abb. 9: Freikolben-Lineargenerator als Range-Extender

Im Hinblick auf Packaging, Wirkungsgrad, Emissionen, Flexfuel-Tauglichkeit und Noise-Vibration-Harshness erlaubt das Konzept des Freikolbenlineargenerators viele Freiheitsgrade [8, 9]. Seine kompakte Bauweise ermöglicht eine vorteilhafte Integration in das Fahrzeug. Durch eine modulare Bauweise lassen sich große Leistungsbereiche abdecken.

Radnabenmotoren

Anwendungen aus dem Luftfahrtbereich [10] und aus der Raumfahrt bzw. der Robotik werden vorteilhaft auf neuartige Fahrzeugkonzepte übertragen. Ein Beispiel ist die Untersuchung zu Einzelradantrieben beim Next Generation Train [11], Abb. 10. Für diesen Fall wurde eine kombiniert permanentmagnetisch-elektrisch erregte Synchronmaschine untersucht, die hohe Anfahrmomente ebenso wie hohe Drehzahlen bei einfacher Feldschwächung erlaubt. Die Entwicklung der elektrischen Maschine ist dabei eng vernetzt mit den Arbeiten zum Fahrwerk, ebenso zur Fahrzeugstruktur und in jedem Fall mit dem Fahrzeug-Konzept.

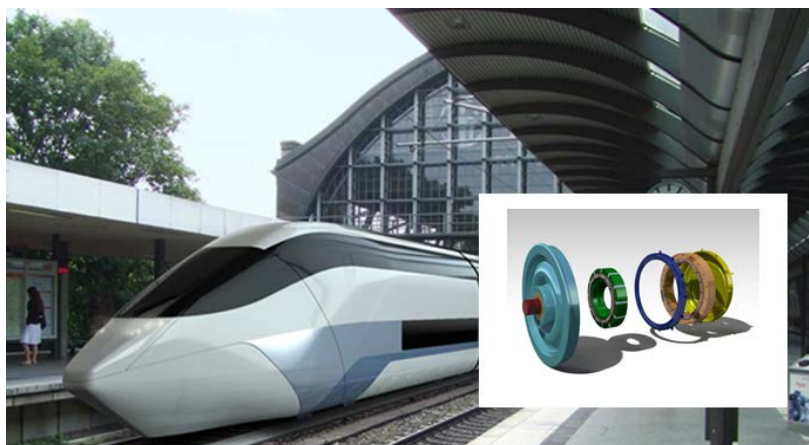


Abb. 10: Radnabenmotor für doppelstöckigen Hochgeschwindigkeitszug NGT

Thermomanagement

Bei der zunehmenden Elektrifizierung von Fahrzeugen werden an das Thermomanagement erweiterte und neue Anforderungen gestellt. Insbesondere zur Heizung und Klimatisierung der Kabine und damit zur Gewährleistung von sicherheits- und komfortrelevanten Funktionen kann in elektrifizierten Fahrzeugkonzepten nicht oder nur bedingt auf die Nutzung der Verbrennungsmotorabwärme zurückgegriffen werden. Daher gilt es, die Abhängigkeit vom Antriebsstrang aufzubrechen. Hinzu kommt, dass insbesondere elektrochemische Energiespeicher (Batterien) nur dann eine hohe Lebensdauer erreichen, wenn sie innerhalb eines definierten Temperaturbereichs betrieben werden.

Zu den bearbeiteten wissenschaftlichen Fragestellungen zählen die Verbesserung der systemtheoretischen Grundlagen sowie der methodischen Verfahren zur Identifikation, Auslegung und Integration neuer und neuartiger Konzepte für das Fahrzeug-Thermomanagement. Die Reduzierung des Energiebedarfs für Heizung, Klimatisierung und Kühlung, z. B. durch die Nutzung vorhandener Wärme- und Stoffströme, ist ebenso Bestandteil der Forschung wie etwa die Entwicklung innovativer, kostengünstiger Wärmespeicher oder thermoelektrischer Wandler. Das Ergebnis ist die Entwicklung eines innovativen Leitkonzepts für die Heizung und Klimatisierung der Fahrzeugkabine sowie für die sichere und effiziente Kühlung der Antriebsaggregate.

Zur Reduzierung des Energiebedarfs werden auch konstruktive Maßnahmen untersucht, beispielsweise die Verbesserung der Kabinenisolierung durch neue Verbundwerkstoffe und oder die Verwendung von elektrooptischen Scheiben. Weiterhin werden Methoden aus der Luft- und Raumfahrt für die Erfassung und Steuerung der Luftqualität genutzt und neue Belüftungskonzepte für die Kabine unter Berücksichtigung der veränderten Außenaerodynamik entwickelt, Abb. 11. Die berechneten Strömungsszenarien werden am Kabinen Mock-Up verifiziert, wobei die Auslegungstools aus dem Luftfahrtbereich abgeleitet sind und für Straßen- wie Schienenfahrzeuge genutzt werden.

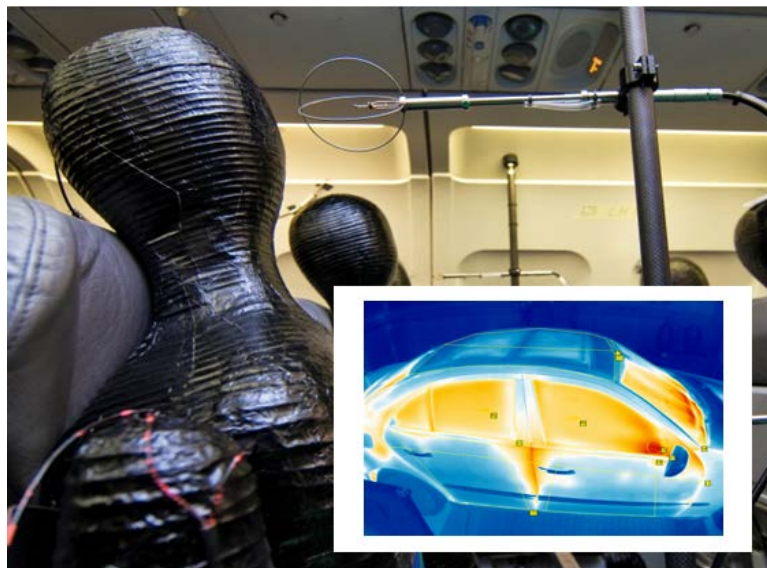


Abb. 11: Übertragung von Kabinen-Thermomanagment-Modellen aus der Luftfahrt in die Fahrzeugtechnik

Fahrerassistenz

Letztendlich steht das Fahrverhalten des Fahrers wie auch die Fahrbarkeit des Fahrzeugs als auch die Einbindung in das Verkehrsgeschehen im Interesse der Forschung.

Das ViewCar (Abb. 12) ist ein Meßfahrzeug zur Analyse der Wahrnehmungsprozesse und des Verhaltens von Fahrern im Straßenverkehr. Es ist mit Sensoren zur Messung und Aufzeichnung der Verkehrsumgebung, der Bedienung des Fahrzeugs und des resultierenden Fahrzeugverhaltens ausgestattet. Damit ermöglicht das ViewCar Untersuchungen zum Verstehen und zur Modellierung des Fahrerverhaltens.

Das Fahrzeug wurde mit umfassender Sensorik ausgestattet, um Daten als Grundlage für die Forschungsbereiche Fahrermodellierung, Mensch-Maschine-Schnittstelle, kognitives Fahrverhalten und Fahrzeugführung zu gewinnen. Die Ausstattung des ViewCars erlaubt eine zeitsynchrone Messung und Aufzeichnung unterschiedlicher Messdaten: Blickrichtung des Fahrers, physiologische Daten des Fahrers (z.B. Puls, Hautleitwert), fahrzeugspezifische Daten, hochauflösende Lenkradbewegung, Verkehrsszenarioanalyse durch Kameras, Objekterkennung im vorderen Bereich des Fahrzeuges (Laserscanner, Radar), Spurerkennung und hochgenaue Ortung.

Daraus wird ein kognitives Modell für das Fahrerverhalten entwickelt. Hierfür liefert das ViewCar die benötigten Daten über das Verhalten verschiedener Fahrer in definierten Szenarien. Daraus können typische Verhaltensmuster abgeleitet und Defizite erkannt werden. Die Abteilung Konzepte und Technik für Fahrerassistenz beschäftigt sich mit dem Unterstützungsbedarf verschiedener Fahrertypen in bestimmten Situationen sowie mit der Untersuchung neuer Konzepte für Assistenzfunktionen und ihrer Wirkung auf den Fahrer. Das ViewCar dient hier zur Aufdeckung von Schwachstellen. Zusätzlich können Informationssysteme, wie z.B. Nachtsichtsysteme oder erweiterte Navigationssysteme prototypenhaft in das Fahrzeug integriert werden, was eine Bewertung solcher Systeme ermöglicht.



Abb. 12: DLR-ViewCar für Untersuchung Fahrermodellierung, Fahrverhalten und Fahrzeugführung

Neben dem ViewCar stehen auch Forschungsfahrzeuge zur Untersuchung und Erprobung von aktiven Fahrerassistenzfunktionen bis hin zum automatischen Fahren zur Verfügung (FAS-Car I und II): Aktive Eingriffe können Autofahren sicherer machen – falsch eingesetzt können sie jedoch auch eine Gefahr bedeuten. Es werden Fahrerassistenz und Automatisierungssysteme im Fahrzeug daher nach den Anforderungen und Bedürfnissen des Fahrers entwickelt. Um herauszufinden, ob der Fahrer richtig auf die Eingriffe eines neuen Assistenzsystems reagiert, sind Fahrten mit den zwei FASCar ein wichtiger Schritt in der Werkzeugkette zur Systementwicklung.

Flankiert werden die Forschungsentwicklungsaktivitäten in den FASCar durch unterschiedliche Forschungssimulatoren, die in Forschungs- und Entwicklungsprojekte eingebracht werden können: Zum Beispiel werden im Virtual-Reality-Labor (VR-Labor) und im Human-Machine-Interface-Labor (HMI-Lab) neue Fahrerassistenzsysteme und Automatisierungssysteme schnell und flexibel hinsichtlich Nutzbarkeit und Akzeptanz bewertet. Dazu binden die beiden Labore reale Hardware soweit wie notwendig ein.

Zudem steht ein dynamischer Fahrsimulator zur Verfügung, der für die Erprobung von Assistenzfunktionen in einem fortgeschrittenen Produktstadium eingesetzt wird, siehe Abb. 13. Die realitätsnahe Gestaltung der Simulation ermöglicht eine valide Beurteilung der Funktionen auch in kritischen Situationen und damit einen sicheren Übergang in das Versuchsfahrzeug und in den realen Verkehr. Ein realistisches Fahrgefühl vermittelt der Fahrsimulator durch drei Parameter: ein leistungsstarkes Bewegungssystem, ein hochwertiges Projektionssystem mit einer entsprechenden Visualisierung und die Integration eines kompletten Fahrzeugs. In allen Simulationsanlagen können die Fahrzeuginnenräume weitreichend umgestaltet werden, um auch innovative Innenraumkonzepte abbilden und wissenschaftlich untersuchen zu können – z.B. hinsichtlich Fragestellungen der Systemergonomie.



Abb. 13: Dynamischer Fahrsimulator des DLR

Anwendungsplattform Intelligente Mobilität AIM

Initiiert durch das DLR entsteht mit AIM eine im nationalen und internationalen Vergleich herausragende Infrastruktur zur Erforschung, Entwicklung wie auch praktischen Erprobung intelligenter Mobilitätsdienste in Metropolregionen und insbesondere Räumen mit urbaner Prägung. An AIM beteiligte Partner sind u.a. das Land Niedersachsen, die Stadt Braunschweig und weitere Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Hand, die gemeinschaftlich eine Grundvoraussetzung dafür schaffen, Innovationszyklen zu verkürzen und eine rasche wie auch verantwortungsvolle Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse, fortschrittlicher Technologien und leistungsfähiger Applikationen in den erfahrbaren Alltag zu fördern.

AIM ist eine Großforschungsanlage für Forschung und Entwicklung im Bereich intelligenter Mobilitätsdienste. Diese besitzt wesentliche Anteile im realen Umfeld einer Stadt sowie ausgewählter umliegender Regionen, spezielle Teststrecken und ein leistungsfähiges Instrumentarium zur Simulation und Beeinflussung großräumiger (z.B. Verkehrsflüsse) und mikroskopischer (z.B. Fahr- bzw. Fahrerverhalten) Aspekte von Verkehr/Mobilität.

Etwa eine Million Einwohner der Region Braunschweig leisten mit ihrem natürlichen Mobilitätsverhalten einen Beitrag zu AIM. Ihre individuellen Mobilitätsbedürfnisse und die von ihnen gelebte Nutzung sowie Kombination verfügbarer Verkehrsmittel bzw. Verkehrsträger formen ein überaus facettenreiches Verkehrsgeschehen (inklusive Autobahn- und Schienennetzanbindung).

Der Aufbau von AIM wird 2013 abgeschlossen sein. Die Nutzung ausgewählter Dienste ist bereits seit 2011 im Testbetrieb möglich. Im Anschluss an die Aufbauphase ist ein mehrjähriger Betrieb geplant, der u.a. auch Langzeituntersuchungen ermöglicht – eine dauerhafte Etablierung von AIM wird angestrebt.

Beispielsweise über die Erforschung und Entwicklung fortschrittlicher Fahrzeug- und Antriebskonzepte, kooperativer Assistenz- und Automationssysteme, die Verwirklichung vernetzter multimodaler Transportsysteme, die Bereitstellung aktueller, veredelter und semantisch angereicherter Verkehrslageinformationen wie auch die verlässliche Umsetzung eines umfassenden Verkehrs- bzw. Mobilitätsmanagements leisten Wissenschaftler und Entwickler essentielle Beiträge zur Bewältigung der heute offensichtlich spürbaren Probleme im Bereich Verkehr und Mobilität.

Aktuell in der Forschung und Vorserie erörterte Assistenz- und Automationssysteme sowie moderne Verkehrsmanagementkonzepte integrieren dabei verschiedene Teilsysteme und Technologien zu einer komplexen und leistungsfähigen Gesamtfunktionalität – mehr und mehr geschieht dies dynamisch und situationsbezogen. Die Aktivitäten in Wissenschaft und Wirtschaft sind u.a. bereits aufgrund der anspruchsvollen Ermittlung von Anforderungen an intelligente Mobilitätsdienste, der technischen Entwicklungskomplexität einzelner Teilsysteme wie auch moderner Anwendungen und der aufwändigen Systemtests bzw. Evaluationsprozeduren überaus zeit- und kostenintensiv.

Zentrales Konzept zur Strukturierung der Großforschungsanlage AIM sind zunächst 23 Dienste, die unterschiedliche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in den als wesentlich identifizierten Forschungsschwerpunkten

- Verkehrsfluß
- Intermodale Mobilität
- Zukünftige Mobilitätskonzepte
- Markteinführung und Migration
- Mobilitätsbewußtsein

unterstützen bzw. ermöglichen.

In ihrer Summe sind die einzelnen Aktivitäten der AIM-Forschungsschwerpunkte auf die übergeordneten Ziele Erhöhung der Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer und Ressourcenschonung (u.a. Lebenszeitgewinnung und Umweltorientierung) ausgerichtet.

6 Zusammenfassung der vorgestellten Ergebnisse

Der Beitrag beschreibt anhand ausgewählter Forschungsprojekte, speziell der Fahrzeugkonzepte des NGT sowie des NGC, wie aus Sicht des DLR langfristig die Umgestaltung von den heutigen Fahrzeugkonzepten zu innovativen zukünftigen Konzepten dargestellt werden kann.

Ergebnisse der interdisziplinären Forschungsarbeit sind das Konzept eines NGT, der als Doppelstock-Hochgeschwindigkeitszug ausgestaltet ist und zukünftig den interkontinentalen Flugverkehr entlasten kann und eines modularen Fahrzeugkonzeptes NGC, welches hinsichtlich verschiedener Kriterien optimiert wird, wie z.B. der Nutzung von Leichtbau unter Gewährleistung hoher Sicherheitsstandards durch Systeme der aktiven/passiven Sicherheit, der Erhöhung der Energieeffizienz durch Einsatz neuartiger Energiewandler, der Verringerung der Fahrwiderstände sowie der Optimierung innovativer Mensch-Maschine-Schnittstellen und Fahrerassistenzsysteme. Das grundlegende Konzept, einzelne methodische Aspekte sowie ausgewählte Technologien aus dieser Zusammenarbeit wurden in diesem Beitrag vorgestellt.

7 Literatur

- [1] S. Ehrenberger, M. Fischer, „*Study on the potential usage of high speed trains*“, Europe Rail Technology Review Special, pages 61-65, TZ-Verlag & Print GmbH, ISBN 978-3-7771-0435-5, ISSN 1869-7801, 2011
- [2] G. Kopp, J. König, J. Winter, M. Fischer, S. Ehrenberger, „*Systematic derivation of the NGT rail vehicle concept*“, Europe Rail Technology Review Special, pages 6-12, TZ-Verlag & Print GmbH, ISBN 978-3-7771-0435-5, ISSN 1869-7801, 2011
- [3] T. Weiler, „*The NGT propulsion concept*“, Europe Rail Technology Review Special, pages 16-17, TZ-Verlag & Print GmbH, ISBN 978-3-7771-0435-5, ISSN 1869-7801, 2011

6. Grazer Symposium Virtuelles Fahrzeug / 14.-15. Mai 2013

-
- [4] T. Braig and H. Dittus and J. Weiss-Ungethüm and T. Engelhardt, “*The Modelica Library ‘AlternativeVehicles’ for Vehicle System Simulation*”, SNE Simulation Notes Europe, 22 (2), pages 101-106, ISSN 2305-9974, 2012.
 - [5] G. Kopp and R. Schöll and A. Kobilke and M. Kriescher and P. Straßburger, “*New Lightweight Structures for Advanced Automotive Vehicles – Safe and Modular*”, Transport Research Arena TRA, 23.-26.04.2012, Athen, Greece
 - [6] S. Krishnamoorthy, „*Methodik zur Karosserieentwicklung mittels Topologieoptimierung, Tagung Faszination Karosserie und Fahrzeugkonzepte*“, 13.-14. März 2012, Wolfsburg
 - [7] J. König: G. Kopp, J. Winter, H. E. Friedrich, M. Schön, “*Methodology for force flow optimised car body structures and implementation*”, Tagungsband 12th Stuttgart International Symposium, Volume 1, Seiten 473-488, Springer Vieweg, 12th Stuttgart International Symposium, 13.-14. März 2012, Stuttgart.
 - [8] F. Rinderknecht and F. Kock, “*A high efficient energy converter for a hybrid vehicle*”, *Electric Vehicles Symposium EVS 26*, 06. - 09.05.2012, Los Angeles, California.
 - [9] F. Rinderknecht and H.-G. Herzog, “*Adaptation and optimization of a linear generator for a hybrid vehicle concept*”, The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, 05.-09.11.2010, Shenzhen, China
 - [10] M. Schier, F. Rinderknecht, A. Brinner and H. Hellstern, “*High integrated Electric Machine for Aircraft Autonomous Taxiing*”, International Conference on Electric Vehicles and Renewable Energies EVER 11, 31. Mar. - 03. Apr. 2011, Monte Carlo, Monaco
 - [11] M. Schier, F. Rinderknecht and H. Dittus, “*Electrically excited Wheel Hub Motors for High-Speed Trains*”, Seventh International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies EVER 12, 21. - 24. Mar. 2012, Monte-Carlo, Monaco